

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-79723

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月24日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 J	14/00		H 0 4 B 9/00	E
	14/02		H 0 1 S 3/133	
H 0 1 S	3/133		H 0 4 B 9/00	K
H 0 4 B	10/08			S
	10/14			

審査請求 未請求 請求項の数19 OL (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-186204

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月11日

(31) 優先権主張番号 08/680 284

(32) 優先日 1996年7月11日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390023157  
 ノーザン・テレコム・リミテッド  
 NORTHERN TELECOM L I  
 M I T E D  
 カナダ国, エイチ2ワイ 3ワイ4, ケベ  
 ック, モントリオール, エスティ. アント  
 イン ストリート ウェスト 380 ワー  
 ルド トレード センタ オブ モントリ  
 オール 8フロア  
 (74) 代理人 弁理士 酒井 宏明

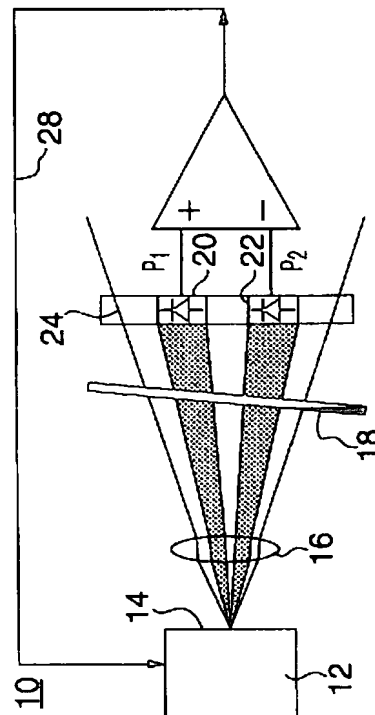
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長分割多重光伝送システム用の波長監視制御装置

(57) 【要約】

【課題】 小型の波長監視制御装置、好ましくは小型の半導体レーザパッケージ内に集積可能であるとともに、WDM光伝送システムに適用可能な波長監視制御装置を提供すること。

【解決手段】 レーザ放出発散源12から放出された非コリメート光は、フィルタ素子18を透過して、2つの近接して離れた光検出器20、22上へ向けられる。波長安定化のために、2つの光検出器20、22の異なる出力が、レーザ放出発散源12の波長を所望の目標波長に安定化させるためのフィードバックループに使用される。ファブリー・ペロエタロンの波長透過率が入射ビームの入射角度に依存することによって、放出発散源12から放出された種々の波長は、2つの光検出器20、22に対して異なる透過損失に変換され、そのため波長変化は異なるパワー変化として検出される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発散するレーザ光の放出源を備えた光システムに対する波長監視制御装置であって、

該装置は、

互いに所定距離だけ離れ、かつ前記放出源から所定距離の所に配設された第 1 および第 2 の光検出器と、前記放出源と前記検出器との間に配設され、かつフィルタの波長透過率の角依存性を提供するために前記放出源の光軸に対して角度  $\theta$  で傾斜されたファブリー・ペロ構造の透過帯域幅の狭い波長選択透過フィルタ素子と、前記放出源の波長変化に対応して、同放出源の制御手段に、前記第 1 および第 2 の光検出器に基づいて生成された差信号をフィードバックするための制御ループと、を具備することを特徴とする波長監視制御装置。

【請求項 2】 前記放出源と前記透過フィルタ素子との間に、前記レーザ放出源の発散を制御するためのレンズを具備することを特徴とする請求項 1 に記載の波長監視制御装置。

【請求項 3】 前記レーザ放出源はパッケージ内に収納された半導体レーザでできており、また前記波長監視装置は前記パッケージと同一のパッケージ内に収納されていて、集積化された装置となっていることを特徴とする請求項 1 に記載の波長監視制御装置。

【請求項 4】 前記レーザ放出源は、半導体レーザの出力端面で構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の波長監視制御装置。

【請求項 5】 前記レーザ光源は、劈開されたシングルモードファイバーを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の波長監視制御装置。

【請求項 6】 前記レーザ光源は、端面が傾斜されたシングルモードファイバーを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の波長監視制御装置。

【請求項 7】 前記放出源に対するエタロンの傾斜角度  $\theta$  は、波長制御を行うために調整可能になっていることを特徴とする請求項 1 に記載の波長監視制御装置。

【請求項 8】 前記光検出器は、同等の対をなすフォトダイオードであることを特徴とする請求項 1 に記載の波長監視制御装置。

【請求項 9】 前記 2 つの光検出器のそれぞれの利得は、独立して調整可能であり、それら 2 つの光検出器に対して等しくない利得を設定することにより、所定波長が選択可能になっていることを特徴とする請求項 1 に記載の波長監視制御装置。

【請求項 10】 ファブリー・ペロフィルタを特徴づける複数の透過ピークの波長間隔により決まる複数の所定波長に対して、同時に安定化する点が達成され得るようになっていることを特徴とする請求項 1 に記載の波長監視制御装置。

【請求項 11】 レーザ放出源の波長を安定化するための波長監視制御装置であって、

該装置は、

パッケージと、

所定の直径および隔離距離を有し、かつ発散する前記レーザ放出源から所定距離の所で同一平面上に配設された第 1 および第 2 の光検出器と、

前記放出源と前記検出器対との間に、前記放出源の光軸に対して角度  $\theta$  で傾斜して配設され、それによってフィルタの透過強度が波長に依存して前記レーザ放出源の所望の波長に集中するファブリー・ペロ構造の透過帯域幅の狭い波長選択透過フィルタと、

レーザ放出源の波長を制御するフィードバックループを介して信号を供給するために、前記第 1 および第 2 の光検出器に基づいて、前記波長選択フィルタによって透過された波長の変化に依存する差信号を生成する手段と、を具備し、

前記第 1 および第 2 の光検出器と前記波長選択透過フィルタと前記差信号生成手段は、前記パッケージ内に集積されていることを特徴とする波長監視制御装置。

【請求項 12】 前記フィルタは、ファブリー・ペロエタロンでできており、該エタロンの前記放出源に対する傾斜角度  $\theta$  は、所定波長に調整するために、調整可能になっていることを特徴とする請求項 1 に記載の波長監視制御装置。

【請求項 13】 前記レーザ放出源の発散を制御するためのレンズを具備することを特徴とする請求項 11 に記載の波長監視制御装置。

【請求項 14】 前記レーザ放出源は、半導体レーザの出力端面で構成されていることを特徴とする請求項 11 に記載の波長監視制御装置。

【請求項 15】 前記レーザ光源は、劈開されたシングルモードファイバーを含むことを特徴とする請求項 11 に記載の波長監視制御装置。

【請求項 16】 前記レーザ光源は、端面が傾斜されたシングルモードファイバーを含むことを特徴とする請求項 11 に記載の波長監視制御装置。

【請求項 17】 前記光検出器は、同等の対をなすフォトダイオードであることを特徴とする請求項 11 に記載の波長監視制御装置。

【請求項 18】 前記 2 つの光検出器のそれぞれの利得は、独立して調整可能であり、それら 2 つの光検出器に対して等しくない利得を設定することにより、所定波長が選択可能になっていることを特徴とする請求項 11 に記載の波長監視制御装置。

【請求項 19】 ファブリー・ペロフィルタを特徴づける複数の透過ピークの波長間隔により決まる複数の所定波長に対して、同時に安定化する点が達成され得るようになっていることを特徴とする請求項 11 に記載の波長監視制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザ源の波長を安定化するための制御信号を供給する波長監視装置、およびそれを適用してなる波長分割多重光伝送システムに関する。

#### 【0002】

【従来の技術】光ファイバー通信システムは、低損失で非常に大容量の情報を搬送する能力を有している。実際に、光ファイバーの帯域幅は、異なる搬送波長を利用することによって、たくさんの異なるチャネルを同時に伝送するようにして利用され得る。そのような技術は、波長分割多重（以下、WDMと略記する）と呼ばれる。帯域が狭いWDMシステムでは、ファイバー伝送容量を増やすために、8、16またはそれ以上の近接した互いに異なる波長が間隔をあけて使用される。

【0003】個々のチャネルが占める波長帯域幅は、伝送情報の帯域幅、および搬送周波数のドリフトや搬送周波数の不確かさに適応するためのマージンや、非理想的すなわち実際のフィルタが原因で生じるチャネル間でのクロストーク（漏話）を極力低減するためのマージンを含む要因の数に依存している。

【0004】チャネル数を最大化するためには、波長間隔の狭いたくさんの波長を用いる必要があり、そのためには、発振波長が安定したレーザと適切な波長制御が必要である。

【0005】分布帰還型（DFB）半導体レーザ等の幾つかのレーザ源は、時間の経過とともに、狭帯域WDMに対する許容範囲を超える波長ドリフトを示す。そのデバイスの波長は、連続的な出力状態において劣化して変化しがちである。遠隔通信システムでは、25年のオーダーの寿命が期待されるため、その寿命に至るまで近接したチャネル間のクロストークを最小限に抑制するために、レーザ送信機に波長制御手段を付加する必要がある。

【0006】単一波長による光通信システムは、工業的に広く使用されている。理想的には、システム設計者は、既存のシステムの設計変更を最小限に止めるとともに、WDMシステムの開発において既存のパッケージを流用しようとする。

【0007】典型的に、公知のレーザ波長監視安定化システムは、レーザ源の標準パッケージ（送信機）に外付けするユニットとなっている。半導体レーザの波長の監視および制御を行うために商業的に利用可能なシステムは、結晶格子に基づく装置である。例えば、Accuwaveにより作製され、かつその製造に関する文献に記載された公知のシステムでは、波長固定ユニットが用いられている。その波長固定ユニットは、2つのブラッグ格子が形成され、当該装置に結合されたレーザ源から射出されたコリメート光により照射されるようにされたニオブ酸リチウム結晶と、2つの光検出器を有している。

【0008】各ブラッグ格子は、入力ビームに対してブ

ラッグ波長および角度がわずかに異なっている。その格子で反射された出力は、2つの検出器に向かい、その異なる出力を用いて、レーザに対するフィードバック制御が行われる。制御ループを用いたことにより、10 pm よりも優れた波長安定性が得られる可能性がある。しかしながら、その波長固定ユニットは送信機から分離されたユニットを使用しているため、レーザまたは光源に外部で接続する必要がある。さらに、その波長固定ユニットは、格子パラメータにより特性が決まるので、特定の波長用に設計される。つまり、波長が異なれば、異なるユニットが必要となる。

【0009】公知の波長監視制御装置の別のタイプは、ファイバー格子に基づくものである。例えば、1996年3月4日付けでE p w o r t h らにより出願された英国特許出願第96/00478号は、半導体レーザの、反射防止コートのある表面に端面接合された光ファイバー内のブラッグ反射部によって、外部反射が起こるようにされた外部共振器型レーザに関する提案である。

【0010】格子は、レーザから十分に離れて配置されるので、縦モードが極めて近接した間隔となり、モード分配雑音を無視し得るほどの多くのモードよりなるマルチモードでレーザが動作するようになる。1995年9月26日付けでE p w o r t h らにより出願された英国特許出願第95/19614. 3号は、均一化およびレーザの発振周波数の安定化に対してチャープニングされたファイバー格子を用いる提案である。

【0011】ファイバー格子装置の作製は、複雑である。上述した結晶格子と同様に、ファイバー格子は、送信機の特定の波長に一致するように作製される。それゆえ、装置は、特定の波長用となる。

【0012】別の半導体レーザの安定化システムが、M a l y o n による、一対の同等のフォトダイオードおよび2つのビームスプリッタを用いた米国特許第4309671号に説明されている。第1のビームスプリッタおよび第1のフォトダイオードは出力パワーを監視し、第2のビームスプリッタ、周波数依存フィルタおよび第2のフォトダイオードは波長変化を監視するのに使用される。同等のフォトダイオードの出力は、増幅器を介して差動増幅器へ送られ、その差動増幅器の出力が、レーザの動作を制御する増幅器へ負帰還されて供給される。

【0013】他の公知のシステムは、ファブリー・ペロエタロンのようなフィルタ素子に基づいている。例えば、B e c k e r らによる米国特許第5331651号は、レーザ出力の粗調整を行うための格子とともに、微調整を行うためにファブリー・ペロエタロンを使用することを提案している。

【0014】E d a らによる米国特許第5438579号に説明されたシステムでは、半導体レーザの一ピークに固定するのに使用される信号を生成する単一の光検出器とともに、ファブリー・ペロエタロンが使用されてお

り、コリメートビームを必要としている。H i l l らは、米国特許第4839614号において、ファブリー・ペロエタロンのようなフィルタ素子および対応する数の検出器を用いて、参照光に対して、複数の光源から放出された光の周波数を参照するシステムについて説明している。

【0015】レーザの発振波長の安定化に対する別のシステムが、種々の波長のレーザの出力を分光処理するとともに、画像処理装置を用いて空間的な分布を測定し、しかる後、その分布を固定波長の参照光源の分布に対して比較するようにした、N a k a t a n i らによる米国特許第4914662号に説明されている。ここで用いられる画像処理装置は複雑であり、安価で小型の装置には向かない。

【0016】特願平4-157780号は、半導体レーザ用の周波数安定化装置に関する発明であり、その発明は、外部の変調手段を用いておらず、そしてレーザ源が付随する傾斜したファブリー・ペロエタロンと、送信信号と反射信号をそれぞれ検出する2つの光検出器を用いている。それら2つの検出器の出力の差分より、発振周波数を制御する信号が得られる。調整のために傾斜角が可変になっているエタロンの傾きを変えることによって、共振器の長さが変わる。

【0017】このシステムを最小限の大きさで実施するには、比較的大きな傾斜角でファブリー・ペロエタロンを用いる必要があるが、そうすると中心波長および帯域幅の点で安定性が低くなってしまふ。他方、ファブリー・ペロエタロンの傾斜角を小さくすると、特願平4-157780号の明細書に添付された図面の図1Bに示されているように、他の構成要素を付加する必要があり、大きくなってしまふ。また、異なる応答および経時劣化の特性を有する独立した検出器が用いられる。

#### 【0018】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、種々の既存の波長安定化システムは、結晶格子、ファイバー格子またはエタロンに基づく装置を用いている。格子を用いた装置は、波長の制御性が十分でなく、かつ多くのシステムは、レーザ源のパッケージに対して比較的大きな外部制御ユニットを用いており、電力消費と大きさの両方の点で問題がある。一方、エタロンを用いたシステムは、波長制御性がよいが、公知の形態はいずれも十分に小さくはないため、設計変更することなく周知の標準パッケージに取り付けることはできない。

【0019】本発明は、小型の波長監視制御装置、好ましくは小型の半導体レーザパッケージ内に集積可能であるとともに、WDM光伝送システムに適用可能な波長監視制御装置を提供することを目的とする。

#### 【0020】

【課題を解決するための手段】本発明の1つによれば、発散するレーザ光の放出源を備えた光システムに対する

波長監視制御装置であって、互いに所定距離だけ離れ、かつ前記放出源から所定距離の所に配設された第1および第2の光検出器と、前記放出源と前記検出器との間に配設され、かつフィルタの波長透過率の角依存性を提供するために前記放出源の光軸に対して角度 $\theta$ で傾斜されたファブリー・ペロ構造の透過帯域幅の狭い波長選択透過フィルタ素子と、前記放出源の波長変化に対応して、同放出源の制御手段に、前記第1および第2の光検出器に基づいて生成された差信号をフィードバックするための制御ループとを具備する波長監視制御装置が提供される。

【0021】従って、簡素で小型のレーザ放出源用波長監視制御装置が提供される。光検出器は、傾斜された透過帯域幅の狭いフィルタを介して、わずかに発散するビームでもって照射される。従って、レーザ放出源の種々の波長は、2つの光検出器において、異なる光電流の変化に変換される。入力ビームの波長は、相対的な応答により監視される。2つの検出器の異なる出力信号は、放出源の波長を所望の目標波長に安定化させるためのフィードバックループに使用される。つまり、レーザ（送信機）へ送り戻される信号を介して、例えば活性領域の温度変化すなわち電流変化によって、波長のドリフトを正すようになっている。

【0022】この装置は、波長の安定化用の制御信号を供給するために、正確な光学的な波長監視を行うことを可能とし、例えばWDM光通信システムに使用される際に、レーザの波長を、クロストークを低減するのに必要な限られた範囲内に維持することができる。また、差信号により、出力パワーの変動が抑制されるという利点がある。

【0023】透過帯域幅の狭い波長選択透過フィルタ素子は、ファブリー・ペロ構造であることが要求される。好ましくは、光検出器は、同等の対をなすフォトダイオードであるといふ。ファブリー・ペロエタロンの波長透過率が入射ビームの入射角度に依存することによって、放出源から放出された種々の波長は、透過損失に変換され、そして波長変化はパワー変化として検出される。従って、このデバイスは、検出器が光エネルギーを、光源を制御するためのフィードバックループに供給される電流に変換する光波長弁別器として機能する。波長を安定化するために、2つの光検出器の異なる出力が、レーザ源の波長を所望の目標波長に安定化させるためのフィードバックループに使用される。

【0024】利点として、所定波長の調整を行うために、フィルタの傾斜角は調整可能になっている。波長選択フィルタ素子がファブリー・ペロエタロンであり、その透過特性が入射ビームに対するエタロンの角度に依存するので、この装置は、エタロンの角度を調整することによって、波長の調整を行うようになっている。また、複数の波長に対して、例えば4nm間隔の、エタロンの

複数の透過ピークを用いることができる。すなわち、ファブリー・ペロフィルタを特徴づける複数の透過ピークの波長間隔によって決まる複数の所定波長に対して、同時に安定化する点が達成される。

【0025】この装置は、波長を安定化するためのファイバー格子システムの作製と比較して、その作製が容易である。この方法は、ジッタのない弁別方法を提供するとともに、周波数変調および復調のステップを不要とする。

【0026】都合のよいことには、光検出器は、同等の対をなすフォトダイオードである。2つの光検出器のそれぞれの利得が独立して調整可能である場合には、それら2つの光検出器に対して等しくない利得を設定することにより、所定波長が選択され得る。

【0027】加えて、レーザ放出源の発散を制御するために、放出源と透過フィルタ素子との間にレンズが設けられている。ビームの発散は、性能およびパワーの検出を最適化するために、制御される。スポットサイズがより大きければ、より効率よくパワーが伝達するために、より理想的なフィルタ形状となり、好ましい。

【0028】レーザ放出源は、半導体レーザの出力端面であってもよいし、あるいは、劈開もしくは端面が傾斜されたシングルモードファイバーであってもよい。

【0029】都合のよいことには、レーザ放出源が、パッケージ内に収納された半導体レーザでできている場合には、波長監視装置は前記パッケージと同一のパッケージ内に収納されていて、集積化された装置となっている。この装置を外部の関連装置として用いることも可能であるが、偏光依存性を回避するために、理想的には、偏光状態を保持するファイバーまたはカプラーが必要となる。

【0030】従って、本発明の他の1つによれば、レーザ放出源の波長を安定化するための波長監視制御装置であって、パッケージと、そのパッケージ内に集積されてなる、所定の直径および隔離距離を有し、かつ発散する前記レーザ放出源から所定距離の所で同一平面上に配設された第1および第2の光検出器と、前記放出源と前記検出器対との間に、前記放出源の光軸に対して角度 $\theta$ で傾斜して配設され、それによってフィルタの透過強度が波長に依存して前記レーザ放出源の所望の波長に集中するファブリー・ペロ構造の透過帯域幅の狭い波長選択透過フィルタと、レーザ放出源の波長を制御するフィードバックループを介して信号を供給するために、前記第1および第2の光検出器に基づいて、前記波長選択フィルタによって透過された波長の変化に依存する差信号を生成する手段とを具備する波長監視制御装置が提供される。

【0031】監視装置が簡素で小型であるため、既存の送信機モジュール、すなわち標準レーザパッケージ内のレーザ源と一緒に、この装置が共通のパッケージ内に収

納されるという重大な利点がある。このことは、既存の送信機モジュールを、単一波長の伝送システムに対して使用されるように、WDM用の付加的な構成要素として、新たなスペースを必要とせず、かつ既存システムの設計変更を最小限に抑えつつ、使用するために適用するのに極めて有効である。

【0032】WDMシステムに対して要求される寿命を満たすために、この装置の長期間の信頼性が期待される。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、この発明に係る波長分割多重光伝送システム用の波長監視制御装置に係る実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。

【0034】図1には、本発明の第1実施形態による波長監視装置10の一部が示されている。その波長監視装置は、レーザ放出發散源12、すなわち図に示すように、DFBレーザの半導体レーザ端面14またはシングルモードファイバー(SMF)の出力端面を備えている。光学レンズ16は、レーザ源の出力光の発散を制御するためのものであり、そのレンズを介して、レーザ源の出力光は、狭い帯域を通過させる波長選択透過フィルタ素子18へ向けさせられる。

【0035】そのフィルタ素子は、好ましくは、対向する一対の高反射層の間にスペーサ層が挟まれてなる構造のファブリー・ペロ(以下、FPと略記する)共振器であるとよい。その共振器は、例えば、ガラス基板上に絶縁性の鏡/スペーサ/鏡の構造が堆積されてなる多層膜の単一共振器フィルタタイプとして構成されている。あるいは、ガラス製のスペーサ板の両面に鏡が堆積されてなるソリッドエタロンタイプが使用される。

【0036】フィルタ素子18を透過した発散光は、特定の直径を有し、かつ所定距離だけ離されて同一平面上に配置されてなる同様構成の第1光検出器( $P_1$ )20および第2光検出器( $P_2$ )22へ向けられる。それら光検出器( $P_1$ ,  $P_2$ )20, 22は、図1に概略的に示すように、FPエタロンから所定距離だけ離れた共通支持体24に固定されている。

【0037】光源の波長は、FPフィルタを透過するビーム量を決めるので、各検出器20, 22で受光される信号は、光源から放出される光の波長に依存している。従って、ファブリー・ペロエタロンの波長透過率の依存性によって、光源から放出された種々の波長の光の透過強度が変わり、波長の変化は2つの光検出器によりパワー変化として検出される。2つの光検出器から出力された信号は、差動増幅器26において、レーザ源の出力波長を制御するためのフィードバックループ28へ供給される差信号を生成するのに用いられる。

【0038】両光検出器によって検出された伝送強度が所定の選択波長で同じであるようにされていることによって、その所定の波長すなわち固定波長で差信号がゼロ

10

20

30

40

50

なるようにセットされる。固定波長は、等価安定状態 (with equivalent stability) でもって、光検出器  $P_1$ 、 $P_2$  に対する等しくない利得を用いて異なる値に対してセットされ得る。レーザ源の波長が変化した場合、2つの光検出器により生成された差信号、すなわちエラー信号は、波長に依存し、光源の波長監視に用いられる。それゆえ、このデバイスは、光検出器が光エネルギーを、レーザ源を制御するためのフィードバックループに供給される電流に変換する光波長弁別器として機能する。

【0039】図2および図3には、透過曲線および2つの検出器により生成される差信号の概略がそれぞれ示されている。図2は、2つの検出器の伝送強度の曲線を表しており、 $T$ は光源から検出器までの伝送強度であり、 $T_1$  および  $T_2$  は、波長  $\lambda_1$  および  $\lambda_2$  の時に最大伝送強度  $T_{1M}$ 、 $T_{2M}$  となる個々の検出器  $P_1$  および  $P_2$  に対する伝送曲線を表している。図3は、2つの検出器の各伝送強度に基づく差信号を表している。所望の固定波長にて、固定点  $\lambda_R$  における差信号の傾き  $S_R$  は、次式のように表される。

$$【0040】 S_R = \Delta (T_1 - T_2) / \Delta \lambda$$

【0041】そして、例えば2つの光検出器の等しくない利得を用いて制御を行う場合に、 $\lambda_1$  と  $\lambda_2$  との間の線形に近似される領域が制御の有効範囲となる。

【0042】図4には、シングルモードファイバー等の発散光放出源、レンズ、フィルタおよび対をなす光検出器を有する装置に対する座標および幾つかの関係のある形状のパラメータが示されている。図5には、DFBレーザの波長安定化に対して設定された装置および試験装置の一例の概略が、制御ループを含めて示されている。

【0043】図5において、波長安定化装置は、レンズ116、FPエタロン118および一對のPINダイオード120、122を備えており、DFBレーザ源112とともに、標準の14ピンパッケージ等の単一のパッケージ128内に収納されている。同等のダイオード対120、122は、同一平面上に位置し、共通支持体124上に互いに近接して載置されている。2つのダイオードから出力された信号は、レーザの出力波長を制御するためのレーザコントローラにフィードバックされる差信号を生成するために、差動増幅器130へ送られる。

【0044】図5に示された他の構成要素は、最適な構成のプロトタイプを設計するのに使用される試験装置を含んでいる。好ましくは、レンズ116用の取付台117およびFPエタロン118用の取付台119は、調整可能となっている。FPエタロンの傾斜角  $\theta_x$  を変えることによって、以下に説明するように、目標とする波長の調整を行うことができる。

【0045】図4に示すように、発散源13は、一般に、楕円状（レーザの場合）または円形状（シングルモードファイバーの場合）のガウスパターンを有してい

る。

【0046】ファブリー・ペロエタロンは、厚さ  $t$ 、屈折率  $n$ 、エネルギー反射率  $R$ 、内部透過率  $A$ 、FPの設計および要求される固定波長  $\lambda_R$  の選択により決まる、 $x$  軸に対する傾斜角  $\theta_{xFP}$ 、並びに  $0^\circ$  となるように適宜選択される、 $y$  軸に対する傾斜角  $\theta_{yFP}$  のパラメータを有している。2つの検出器は、適当に選択されてなる、名目の  $y$  軸の  $y_{01} = 0$  および  $y_{02} = 0$  の位置にある。

10 【0047】他の寸法等のパラメータは、これらのパラメータおよび所望の仕様、すなわち必要とされる伝送曲線にしたがって選択される。

【0048】これらのパラメータは、レンズの焦点距離  $f$ 、 $z$  軸方向の位置  $S_1$ 、 $x$  軸に対するレンズの傾斜角  $\theta_{xL}$ 、 $y$  軸に対するレンズの傾斜角  $\theta_{yL}$ 、エタロンの  $z$  軸上の位置  $z_{FP}$ 、並びに検出器が円形状の場合には、光検出器の半径  $r$ 、それらの  $z$  軸上の位置  $z_0$ 、および  $x$  軸上の位置  $x_{01}$ 、 $x_{02}$  を含んでいる。

20 【0049】各検出器の直径はそれぞれ  $d_1$ 、 $d_2$  であり、その対をなす検出器は、同一平面上に位置し、かつそれらの中心同士は距離  $D$  だけ離されており、光源から距離  $1$  のところに配置されている。FPフィルタは、2つの検出器の平面に対する法線から  $\theta$  の角度で傾斜している。

30 【0050】この装置の特性に影響を及ぼす要因には、FPエタロンの  $x$  軸および  $y$  軸における傾斜角、FPの温度による屈折率の変化、検出器の  $x$  軸および  $y$  軸とのずれ量、レンズの位置および傾き、並びに検出器の  $z$  軸方向の位置が含まれる。 $T$  は、光源から検出器までの伝送強度であり、検出器の大きさが制限されていることによる結合損失を含んでいる。

40 【0051】所望の固定波長  $\lambda_R$  は、特定の目標値、例えば  $1557.0 \text{ nm}$  である。 $T_{1R}/T_{1M}$  および  $T_{2R}/T_{2M}$  の比は、1次近似に対して  $1/2$  となるように指定される。また、固定点  $S_R$  における傾きは、ループの利得に影響を与えるため、重要である。一般には、急峻な傾きが要求される。 $\lambda_2 - \lambda_1$  は、 $T_1$  と  $T_2$  が比較され得る調整範囲を表している。 $T_{1M}$  と  $T_{2M}$  により、絶対的なパワーの評価が可能であり、それゆえ、与えられた検出器特性に対する  $S/N$  比の評価が可能となる。

50 【0052】この装置は、フィルタ素子の傾斜角  $\theta$ 、例えば図5に示す傾斜角  $\theta_x$  を変えることによって、波長調整を行うことができるようになっている。ここで、フィルタ素子、すなわちエタロンは、角度調整を含む4つの自由度を有する可動性の取付台に固定されている。試験装置においては、レンズも3方向に移動可能になっている。そのフィルタおよびレンズを含む構成要素は、一旦、この装置が特定の目標波長に合わせられると、薄い粘着層を用いて適切に固定される。

【0053】モジュール調整段階で波長調整を行えるこ

とは、周知の格子に基づく波長制御装置よりも優れた利点を有する。

【0054】さらに、ファブリー・ペロフィルタの透過性は、規則的な波長間隔の一連の透過ピークにより特徴づけられるため、例えば4nm間隔で同時に安定化する点が複数の所定の波長に対して達成される。その複数の所定の波長は、ファブリー・ペロフィルタの特徴を示す複数の透過ピークの波長間隔によって決まる。

【0055】従って、波長弁別手段として最小限の必須構成要素は、透過する帯域幅が狭いフィルタ（エタロン）と、近接して離れて配置された2つの検出器、好ましくは同等の対をなす光検出器と、その一对の光検出器に基づく差信号にตอบสนองする制御ループである。ファブリー・ペロエタロンは、波長選択フィルタ素子の適切な特徴を提供するのに必要とされる。

【0056】例えば、光源は、DFBレーザ等の半導体レーザの前端面、またはシングルモードファイバーの劈開もしくは傾斜された終端であってもよい。必要に応じて、放出源の発散は、図1に示すように、レンズにより制御される。そのレンズは、ガラスもしくはプラスチック製の、何らかの適切な非球面レンズ、円筒レンズ、球面レンズまたは分布屈折率レンズであってもよい。スポットサイズがより大きければ、フィルタは所望形状により近い形状になり、検出器へパワーをよりよく伝達する。または、もし放出源の発散がこれらの要求を十分に満足する場合には、この装置では、レンズが不要となる。コリメート光は不要であり、構成要素の数および装置の規模を低減する可能性を有する。

【0057】上述した装置においては、装置の構成が小型で簡素であるため、レーザ源とともに標準のレーザ送信機用パッケージ内に収納することが可能になっている。このことは、既存のシステムと集積化することに対して特に優れている。同様な構成により得られる利点の幾つかは、レーザ源に対する外部ユニットの場合にも得られるかもしれないが、外部ユニットに対して結合する場合には、偏光状態に依存性があるため、偏光状態を保持するカップラーまたはファイバーが好ましい。

【0058】従って、レーザ源から放出されて、近接して離れて配置された2つの光検出器へ向かう非コリメート光を透過する、狭帯域幅の波長選択透過フィルタ素子、例えばファブリー・ペロエタロンを備えてなる、レーザ放出源に対する簡素で小型な波長監視制御装置が提供される。波長を安定化するために、波長の変化に伴うフィルタ素子の透過強度の変化により生成された、2つの光検出器の異なる出力が、レーザ源の波長を所望の目標波長に安定化させるためのフィードバックループにおいて使用される。

【0059】レーザ源に対するファブリー・ペロエタロ

ンの傾斜角を変えることによって、波長の調整を行うことも可能である。このシステムは、小型であり、かつレーザ放出源と同じパッケージ内に一緒に収納可能であるため、結合、大きさおよびパワー消失といった従来の半導体レーザ波長制御用の外部ユニットに共通した問題を解決することができる。

【0060】以上、特定の実施形態について詳細に説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した範囲内で、種々変更可能であることはいうまでもない。

#### 【0061】

【発明の効果】以上、説明したとおり、本発明に係る波長分割多重光伝送システム用の波長監視制御装置にあつては、小型であり、かつレーザ放出源と同じパッケージ内に一緒に収納可能であるため、結合、大きさ及びパワー消失といった従来の半導体レーザ波長制御用の外部ユニットに共通した問題を解決することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態による波長監視装置の要部を示す概略図である。

【図2】2波長での信号に対するエタロンの透過曲線を表す特性図である。

【図3】第1および第2の光検出器の出力信号の差信号を表す特性図である。

【図4】図1に示す波長監視装置と同様な構成の装置を、その装置の座標および設計寸法とともに示す要部概略図である。

【図5】本発明の第2実施形態による波長安定化装置に対する試験システムの概略図である。

#### 【符号の説明】

- 10 波長監視装置
- 12 レーザ放出発散源
- 13 発散源
- 14 半導体レーザ端面
- 16 光学レンズ
- 18 波長選択透過フィルタ素子
- 20 第1光検出器（P1）
- 22 第2光検出器（P2）
- 24, 124 共通支持体
- 26, 130 差動増幅器
- 28 フィードバックループ
- 112 DFBレーザ源
- 116 レンズ
- 118 FPエタロン
- 120, 122 PINダイオード
- 128 パッケージ
- 117 レンズ取付台
- 119 FPエタロン取付台





(72)発明者 ベルナール ヴィルヌーブ  
カナダ国, ジェイ 9 ジェイ 2 アール 8,  
ケベック、エイルメール, アルベール・カ  
ミュ 33

(72)発明者 ヒュング ビー, キム  
カナダ国, オンタリオ, カナタ, ホルゲー  
ト クレセント 2